

## 基于电子鼻的鱼类新鲜度估计研究\*

刘红秀<sup>1</sup>, 李洪波<sup>1</sup>, 李卫东<sup>2</sup>, 骆德汉<sup>3</sup>

(1. 广东药学院医药信息工程学院, 广东 广州 510006; 2. 广东药学院基础学院, 广东 广州 510006;  
3. 广东工业大学信息工程学院, 广东 广州 510006)

**摘要:**以新西兰市场上最受欢迎的四类鱼(红甲鱼、鲈鱼、唇指鲈和(澳洲)鲷)为对象研究鱼的新鲜度。在同一实验室环境下,运用便携式电子鼻 Cyranose 320 测量这四类鱼被储藏第1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10(第3, 4天的未测量)天后对应的同一样品,每个样品测量一次对应每个传感器平均采样2000个左右数据,获得大约  $2.048 \times 10^6$  [4(鱼) × 8(天) × 32(传感器) × 2000(采样) = 2048000] 个数据。将实验数据进行特征提取及人工神经网络(ANN)分析处理,得到传感器对每类鱼每天的响应模式,进而估计鱼的新鲜度,获得了91%以上的正确识别率。研究结果表明该方法是实用可行的。

**关键词:**电子鼻; 信息处理; 神经网络; 鱼的新鲜度估计

**中图分类号:** TP212.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-6579(2010)02-0028-04

### Research on the Fish Freshness Assessment Based on Electronic Nose

LIU Hongxiu<sup>1</sup>, LI Hongbo<sup>1</sup>, LI Weidong<sup>2</sup>, LUO Dehan<sup>3</sup>

(1. College of Medical Information Engineering,

Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, China;

2. School of Basic Courses, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, China;

3. Department of Information Engineering, Guangdong University of Technology,  
Guangzhou 510006, China)

**Abstract:** The freshness on four selected types of fish (Red Snapper, Gurnard, Tarakihi and Trevally) which are the most common fish in the New Zealand market was investigated. A portable Cyranose 320 E-nose was used in our experiments under the same laboratory condition. It converted the odour of four selected types of fish to smell prints over days 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, and 10 after catching the fish (no data was collected on days 3 and 4). Approximately 2000 samples were collected by each sensor during each process. About 2048000 data samples [4 (fish) × 8 (days) × 32 (sensors) × 2000 (samples) = 2048000] were obtained. Extracted features from the E-nose sensors and artificial neural network (ANN) were used to assess the freshness of the fish by classifying the smell print data according to the day of data collection. The proposed system has been successful in identifying the number of days after catching the fish with an accuracy of up to 91%. The result showed that the proposed network architecture proved very suitable for fish freshness assessment.

**Key words:** electronic nose; information processing; artificial neural network; fish freshness assessment

近年来,随着材料科学的发展和电子信息技术的发展,国际电子鼻的开发研制获得快速发展并进

入实用阶段。国内的电子鼻系统研究目前基本上还处于学术研究和实验室开发的初级阶段。主要研究

\* 收稿日期: 2009-04-09

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目(7003172)

作者简介: 刘红秀(1973年生),女,讲师;通讯作者:李卫东; E-mail: Swallow1115@163.com

对象集中在酒类、烟草、乳制品、茶叶、肉类等食品的气味识别和质量检测以及品质评判, 主要研究内容是电子鼻的开发和应用。国外开展电子鼻进行肉品新鲜度的研究较多, 如 Olafsson, Schweizer-Berberich, Hammond 博士, Dodd 博士, O'Connell, Barbri 等<sup>[1-4]</sup>都进行了相关这一类的研究。而运用电子鼻来测量鱼的新鲜度目前在国内还研究甚少。新鲜度是鱼类或鱼类制品质量的一个重要指标, 大量研究表明, 气味是鱼体新鲜度的一个最敏感的指标。利用鱼体死亡后产生的特征挥发性气体, 可以判别鱼的新鲜度。近几十年来, 人工神经网络的应用研究给电子鼻的模式识别<sup>[5-9]</sup>带来了新的契机, 在电子鼻的气味识别中, 多层前馈网络获得较多的应用, 并以采用反向传播 (BP) 学习算法的多层感知机 (MLP) 成为代表。

本文以新西兰的 Auckland University of Technology 大学的 Hamid Gholam Hosseini 博士运用 Cyranose 320 便携式电子鼻对四类鱼所进行的实验测量数据, 以神经网络 (定量分类) 为手段, 对其新鲜度进行估计。

## 1 鱼的新鲜度估计

### 1.1 实验数据

采用美国生产的内置 32 个传感器的便携式电子鼻 Cyranose 320 系统, 选取新西兰市场上最受欢迎的四类鱼 (即: 红甲鱼、鲂鱼、唇指鲈和 (澳洲) 鲹) 来做实验。首先准备好适量的新鲜样品放置于实验室 (温度 30~35℃ 范围) 的玻璃管中, 在同一实验室环境条件下, 运用电子鼻 Cyranose 320 测量这四类鱼被储藏第 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10 (第 3, 4 天的未测量) 天后对应的同一样品, 每个样品测量一次对应每个传感器平均采样 2000 个左右数据, 获得大约  $2.048 \times 10^6$  [4 (鱼) × 8 (天) × 32 (传感器) × 2 000 (采样) = 2 048 000] 个数据。

### 1.2 数据分析

(1) 运用 Excel 对所有数据进行预处理: ①对某类鱼的 32 个传感器在每一天的实验测量所得到的 2 000 多个样本数据进行均值处理, 得到每个传感器的在某一天当中的均值响应, 例如: 红甲鱼的传感器响应图如图 1 所示。②对某类鱼的八天的数据在经过第一步处理得到的每个传感器的八个均值响应, 将相邻两天的均值相应进行绝对差值, 我们可以得到 Cyranose 320 系统中的 32 个传感器分别对这四类鱼所测数据的每两个序列日的气味响应

谱。如图 2 所示。

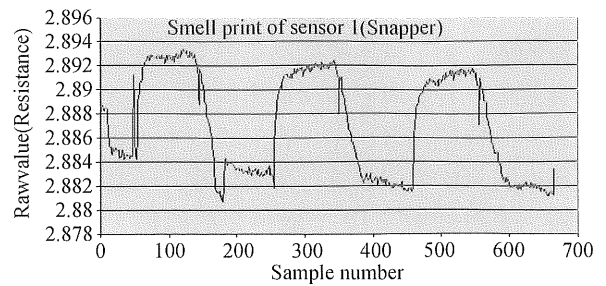


图 1 红甲鱼的传感器响应图

Fig. 1 Part of the smell print response by sensor one exposed to red Snapper

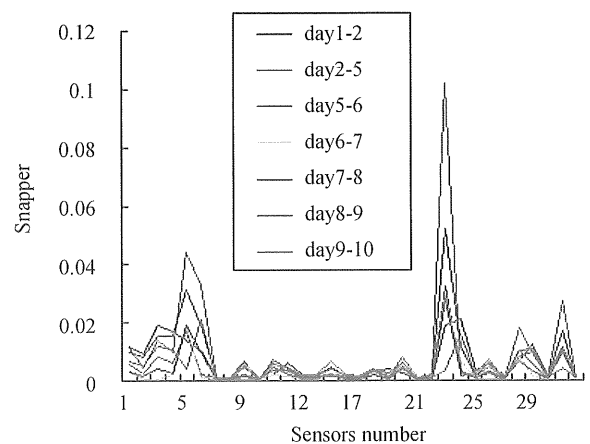


图 2 红甲鱼每两个序列日的气味响应谱

Fig. 2 The relative distance between the smell print responses for two consequent days of Red Snapper

(2) 传感器的选取。通过对传感器响应谱的分析, 我们可以看出只有三个传感器对四类鱼的新鲜度显示出了很好的响应谱。在所有 32 个传感器中, 传感器 3 ( $S_3$ ), 4 ( $S_4$ ), 6 ( $S_6$ ) 和传感器 23 ( $S_{23}$ ) 对鱼的新鲜度响应谱峰值最大, 但是  $S_{23}$  的对四类鱼的响应谱不稳定, 因此, 分析当中, 我们只是选取了三个传感器  $S_3$ ,  $S_4$ ,  $S_6$  的数据用于训练和测试。

(3) 样本数据集的选取。结合上图并运用 Matlab 进行简单分析, 选取第 2 ( $D_2$ )、5 ( $D_5$ )、7 ( $D_7$ )、8 ( $D_8$ ) 天这四天为最佳, 再运用以上选取的三个传感器, 在四类鱼的每一天的 2 000 多个数据所对应的传感器响应图中, 我们选取四组 (400 个/每组) 分别以上升沿为起点的数。由此我们可以得到 192 个数据集形成 64 (192/3) 个样本集。随机地抽取数据样本集中的一半 (32 个) 用于人工神经网络的训练, 剩下的另一半则用于网

络测试。

(4) 特征提取。传感器与气体反应的原始数据的数据量非常大, 直接采用原始数据进行识别是不可能的。为了减小神经网络的复杂性和提高数据分类效果, 我们对上面所取出的每一个数据集进行了同样的特征提取技术。我们对以上选取的每个数据集中的 400 个样本进行两类处理: 一是进行数据压缩, 采用每间隔 10 个取一个的原则, 每个数据集可以得到 40 个数据样本; 二是进行特征提取, 对这 400 个数据样本分别进行十种特征提取技术, 包括从 1 997 个原始数据减去均值后依据上升沿原则所选的 400 个数据的中值、最小值、最大值、标准偏差、方差、范围、均值/中值绝对偏差和几何均值以及上述所选相对应的 400 个原始数据的标准偏差和方差。

MATLAB 神经网络工具箱中有很多类神经网络的介绍与应用, 本文基于 MATLAB 7.0 或 6.5 的 NN TOOLBOX 进行的, 采用典型的 BP 网络的三层网络结构: 输入层中  $M$  取为 50 个, 隐含层的神经元数目取为 15 个, 输出层的神经元数目  $N$  取为 2 个。参阅文献主要有<sup>[4,10-12]</sup>。其中文献 [6] 中对 BP 网络有很详细的编程细节。

### 1.3 实验结果

(1) 训练性能。4 类鱼分别对应 4 个网络 Net1, Net2, Net3 和 Net4 进行训练, 为了避免权值初始化所产生的错误并使结果更一般化, 采取以下几个措施: 随机选取的 32 个数据样本集作为训练样本集; 对每个网络均连续训练 5 次; 每次采用同样的训练参数。

(2) 测试结果。从训练的结果, 我们选取每类鱼所训练的五次当中最好的一个网络来进行测试, 即红甲鱼选 Net1-5, 鲳鱼选 Net2-5, 唇指鲈选 Net3-1, (澳洲) 鲹选 Net4-2。

将数据集中随机抽取 32 个用于训练后所剩下的 32 个数据集用于测试。测试的平均正确识别率(用每一类鱼的第 2, 5, 7, 8 天的识别率取均值得到) 见表 1, 其中识别率定义为

$$\eta = \frac{\text{正确识别的总数}}{\text{测试样本总数}} \times 100\%$$

具体到每一类鱼的其中 4 天 (day2, 5, 7, 8) 的识别率为: 红甲鱼: 91.67%, 100%, 91.67%, 100%; 鲳鱼: 83.33%, 91.67%, 100%, 100%; 唇指鲈: 83.33%, 91.67%, 91.67%, 100%; (澳洲) 鲹: 91.67%, 100%, 91.67%, 100%。

表 1 NET1 - NET4 的测试正确识别率

Table 1 The test correct rate of NET1 - NET4

鱼类	网络测试	平均正确识别率/%
红甲鱼	Net1 - 5	95.83
鲳鱼	Net2 - 5	93.75
唇指鲈	Net3 - 1	91.67
(澳洲) 鲹	Net4 - 2	95.83

## 2 结 论

本文利用电子鼻传感器阵列对气体的高维响应模式来实现对不同鱼类不同天内的定性识别和定量检测, 解决目前单个气体传感器选择性差的问题, 研究基于人工神经网络的气味分析系统。运用了巧妙的数据预处理技术并结合多种特征提取技术, 对新西兰市场上最受欢迎的四类鱼 (红甲鱼、鲳鱼、唇指鲈和 (澳洲) 鲹) 进行实验。四类鱼的新鲜度估计可以运用单一的神经网络就可以实现, 而采用四个不同网络分别来进行识别的目的是为了提高系统的精确性。对四类鱼的样品分别在第 2, 5, 7, 8 天后的数据进行新鲜度估计, 平均正确识别率分别达到红甲鱼 95.83%, 鲳鱼 93.75%, 唇指鲈 91.67% 和 (澳洲) 鲹 95.83%, 得到了较好的识别效果。该系统具有较高的识别率, 但它是在实验室环境条件下对单一样本测量得到的。要真正实现针对随时随地的、大批量的鱼类来进行新鲜度估计的实用系统还有待进一步的探讨研究。

### 致谢

感谢新西兰 Auckland 工业大学的 Hamid Gholam Hosseini 博士所提供的实验数据和大力帮助。

### 参考文献:

- [1] 张军, 李小昱, 王为, 等. 基于虚拟仪器的淡水鱼鲜度电子鼻测量系统[J]. 农业工程学报, 2009, 25(3): 110 - 113.
- [2] SCHWEIER-BERBERICH P M, VAHINGER S, GOPEL W. Characterization of food freshness with sensor arrays [J]. Sensors and Actuators B, 1994, 18(1/3): 282 - 290.
- [3] OLAFSDOTTIR G, NESVADBA P, DI NATALE C, et al. Multisensor for fish quality determination [J]. Trends in Food Science & Technology, 2004, 15(2): 86 - 93.

(下转第 36 页)

可实现混音输出数据的同步转发功能,能够在一定程度上减少操作系统内部调度对混音的影响。而且该算法可串接各种混音算法如对齐法,非均匀波形收缩法等,解决混音溢出问题,结合说话人选择策略如文献 [12],可应用于大型会议系统实现混音转发功能。实验结果验证了该算法的稳定性和有效性,表明该方法是可行的。

#### 参考文献:

- [1] SCHULZRINNE H, CANER S, FREDERICK R, et al. RFC 3550: RTP: A transport protocol for real-time applications[S]. IETF, 2003.
- [2] ITU-T Rec. H. 323, Packet-based multimedia communication system, v4[S]. ITU, 2000.
- [3] HAWWA S. Audio mixing for centralized conferences in a SIP environment [C]// Multimedia and Expo2002. Proceedings, Lausanne, Switzerland, 2002, 8: 269 - 272.
- [4] CHUA T K, PHEANIS D C. Bandwidth-conserving real-time VoIP teleconference system [C]// Proceedings of the Third International Conference on Information Technology: New Generations, Las Vegas, USA, 2006, 4: 535 - 540.
- [5] 杨树堂,余胜生,周敬利.基于分组网络的多点实时语音及调度算法[J].软件学报,2001,12(9):413 - 419.
- [6] 樊星,顾伟康,叶秀清.多媒体会议中的快速实时自适应混音方案研究[J].软件学报,2005,16(1):108 - 115.
- [7] 王文林,廖建新,朱晓民.多媒体会议中新型快速实时混音算法[J].电子与信息学报,2007,29(13):690 - 695.
- [8] PERKINS C. RTP: Audio and video for the internet [M]. Boston: Addison Wesley, 2003.
- [9] PERKINS C, HODSON O. Robust audio tools [CP/OL]. [2004 - 01 - 01]. <http://www.mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/rat/index.htm>.
- [10] BENYASSINE A, SHLOMOT E, SU H. ITU-T recommendation G. 729, annex B, a silence compression scheme for use with G. 729 optimized for V. 70 digital simultaneous voice and data applications [J]. IEEE Communications Magazine, 1997, 35(9):64 - 73.
- [11] RAMJEE R, KUROSE J, TOWSLEY D, et al. Adaptive playout mechanisms for packetized audio applications in wide-area networks [C]// Proceedings of the Conference on Computer Communications, Toronto, Canada, 1994, 6: 680 - 688.
- [12] 涂卫平,胡瑞敏,艾浩军.视频会议中音频多点处理研究[J].武汉大学学报:信息科学,2002,27(1):98 - 101.

(上接第 30 页)

- [4] LI X C, OLAFSDOTTIR G. Development and application of electronic noses in freshness assessment of fishery products [J]. Journal of Fisheries of China, 2002, 26(3): 275 - 280.
- [5] LUO D H, HOSSEINI H G, STEWART J R. Application of ANN with extracted parameters from an electronic nose in cigarette brand identification [J]. Sensors and Actuators B, 2004, 99:253 - 257.
- [6] PETERSSON H. Signal processing for chemical multi sensor systems [C]. Project Preparatory Paper, 2004.
- [7] SRIVASTAVA A K. Detection of volatile organic compounds (VOCs) using SnO<sub>2</sub> gas-sensor array and artificial neural network [J]. Sens. Actuators B: Chem, 2003, 96(1/2):24 - 37.
- [8] ZHANG H X, BALABAN M O, PRINCIPE J C. Improving pattern recognition of electronic nose data with time-delay neural networks [J]. Sens Actuators B: Chem, 2003, 96(1/2):385 - 389.
- [9] 潘胤飞.基于非线性模式识别的电子鼻技术在苹果分类中的应用[D].镇江:江苏大学,2003.
- [10] LINDER R, PÖPPL S J. A new neural network approach classifies olfactory signals with high accuracy [J]. Food Quality and Preference, 2003, 14(5/6):435 - 440.
- [11] LIAO S H, WEN C H. Artificial neural networks classification and clustering of methodologies and applications-literature analysis from 1995 to 2005 [J]. Expert Systems with Applications, 2007, 32(1): 1 - 11.
- [12] GUTIERREZ-OSUNA R. Member, IEEE, pattern analysis for machine olfaction: a review [J]. IEEE Sensors Journal, 2002, 2(3):189 - 200.